# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SEANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Sur la quantité des eaux pluviales à écouler dans les agglomérations urbaines modernes.* Note [1] de M. **Albert Caquot.**

Le problème de l'écoulement des eaux pluviales lors des grands orages est un des plus délicats à résoudre en raison des multiples variables dont il dépend. Les travaux d'art correspondants sont très importants et constituent une part essentielle du capital à engager pour l'urbanisation correcte et l'hygiène des zones habitées.

A la base du calcul se trouve une appréciation de la probabilité des causes qu'il convient de mettre en relief.

Les ouvrages d'art sont en effet établis d'après l'intensité des précipitations des violents orages, et cette intensité est d'autant plus grande que la période probable envisagée entre deux cas consécutifs d'insuffisance du réseau d'écoulement sera plus longue.

Il n'a été fait à notre connaissance aucune synthèse d'ensemble de cette question dont l'état actuel, d'après les études effectuées dans les différents pays, a été récemment bien exposé par M. Pierre Koch [2].

La présente étude a pour but de proposer aux ingénieurs des bases de calcul fondées sur nos connaissances théoriques et expérimentales, en introduisant la notion essentielle de probabilité dans ces phénomènes connus par des mesures directes de pluviométrie.

---

(1) Séance du 13 octobre 1941.

(2) *Assainissement des agglomérations*, Paris, 3, 1937.

*Hauteur d'eau et durée d'une averse.* — Une étude très documentée du Chef du service météorologique de Paris, M. Louis Besson, nous donne pour plus d'un demi-siècle, dans la région parisienne, les données d'observation nécessaires pour nous permettre d'établir les lois numériques du ruissellement ([3]).

Pour une même probabilité, la hauteur totale H d'une averse violente en un point donné augmente avec la durée T de celle-ci, tandis que l'intensité moyenne, définie par $H/T$, varie en sens inverse de cette durée.

L'intensité instantanée $dH/dT$ atteint son maximum peu après le début de l'averse, et décroît ensuite lentement.

*Débit du ruissellement sur une surface donnée.* — D'après les observations la chute de pluie violente atteint son maximum en un point central, à un instant donné, et elle diminue quand on s'éloigne de ce centre.

Mais les observations ne nous permettent pas de grouper les éléments essentiels du phénomène, les pluviomètres enregistreurs synchronisés étant trop peu nombreux.

Le centre de l'orage se déplaçant par la vitesse du vent, les pluviomètres en tous points ne donnent qu'une valeur d'ensemble dont les causes ne sont pas séparées.

Les indications sommaires données par Frühling sur les observations de Breslau ne sont pas en concordance avec les cartes des courbes de niveau des hauteurs de pluie, ou courbes isohyètes des orages dans la région de Paris.

Nous savons seulement que le volume d'eau qui tombe sur une région entre deux instants donnés n'est pas proportionnel à la surface. Si nous représentons celle-ci, en hectares, par A, nous pourrons écrire que le volume d'eau par minute, en mètres cubes, égale $10\,HA\alpha$, le coefficient $\alpha$, inférieur à 1, diminuant quand A augmente.

*Effet de capacité du réseau et des zones de réception.* — Considérons le réseau d'écoulement au moment de son fonctionnement maximum, réseau plein. Le débit à cet instant correspond exactement au volume tombé dans l'unité de temps, tandis que le volume tombé antérieurement a servi à la fois à l'écoulement, au remplissage des canalisations, et enfin à l'humidification de toutes les surfaces du bassin de réception, la capacité correspondante pouvant être très grande s'il s'agit de terrains perméables.

---

([3]) *Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris*, **13**, 1932, p. 195.

Par suite de la variation de l'intensité des orages en fonction du temps, cette intensité étant maximum au début, le débit à assurer par le réseau s'établit après l'utilisation de sa capacité et de celle du bassin de réception.

Une évaluation satisfaisante de la capacité des voies d'écoulement peut se faire à partir du temps nécessaire à l'écoulement à travers le réseau.

Si $t_1$ est le temps moyen, convenablement défini, nécessaire au parcours des canalisations dans la zone envisagée et $q$ le débit maximum du réseau, en mètres cubes par seconde, la capacité de l'ensemble des canalisations du réseau est égale à $qt_1$. Cette capacité s'ajoute à celle du bassin versant, une première partie des eaux étant d'autre part dérivée vers la nappe aquifère, et une seconde partie évaporée, en raison des quantités de chaleur fournies par les surfaces chaudes recevant la pluie.

La capacité dont il convient de tenir compte dans l'écoulement à assurer par le réseau se compensera ainsi des quatre éléments suivants :

$qt_1$ pour les voies d'écoulement du réseau,

$V_1$ pour l'ensemble des capacités en dérivation sur les voies d'écoulement, telles que les regards et chambres de visite,

$qt_2$ pour les voies d'écoulement des surfaces de réception au réseau, canalisations des immeubles et des cours, $t_2$ étant le temps moyen nécessaire au parcours dans ces canalisations et caniveaux,

$V_2$ pour les capacités en dérivation sur ces voies d'écoulement des surfaces de réception.

$V_1$ et $V_2$ s'ajoutent pour déterminer le volume des eaux retardées qui ne circuleront qu'après le maximum de débit.

A l'origine de l'averse le débit du réseau est nul, puis s'élève rapidement pour atteindre le maximum $q$, de telle sorte que le débit moyen dans cette période de temps T est $\beta q$, $\beta$ étant un coefficient inférieur à 1 et voisin de 0,85 dans les orages violents.

Le volume d'eau tombé au moment du débit maximum $q$ à l'extrémité du réseau envisagé est égal, d'après ce qui précède, à $10\,\alpha$ HA; il se retrouve d'une part dans le volume des eaux retardées, déversées et évaporées, dont nous représenterons la fraction par $\gamma$, d'autre part dans le volume du réseau $q(t_1+T_2)$, et enfin dans le volume écoulé par le réseau $\beta q T$, ou, en tenant compte des unités,

$$\frac{1}{6}\alpha \mathrm{HA}(1-\gamma)=q(t_1+t_2)+q\beta \mathrm{T}=q(t_1+t_2+\beta \mathrm{T}).$$

*Évaluation des temps d'écoulement $t_1$ et $t_2$.* — L'écoulement se fait confor-

mément aux formules classiques. Compte tenu de la rugosité des parois et des dimensions des canalisations, nous avons reconnu que la formule correspondant le mieux aux conditions réalisées était

$$u = 60\,R^{\frac{3}{4}} I^{\frac{1}{2}},$$

dans laquelle $u$ est la vitesse en mètres par seconde, R le rayon moyen hydraulique en mètres et I la pente.

Quant à la section, elle est, dans les formes employées, voisine de $14\,R^2$, ce qui donne pour débit $q$ en mètres cubes par seconde

$$q = 840\,R^{2,75} I^{0,5},$$

R est inconnu, en l'éliminant nous trouvons

$$u = 9,55\,I^{\frac{4}{11}} q^{\frac{3}{11}}.$$

Si nous considérons un collecteur, le débit maximum variant avec la longueur linéairement de zéro à $q$, la vitesse moyenne atteint les $8/11^e$ de la vitesse maximum.

Considérons un bassin allongé, d'allongement 3 environ; le parcours total est voisin en mètres de

$$L = 195\sqrt{A},$$

et le temps de parcours à la vitesse ci-dessus sera en minutes

$$t_1 = \frac{L}{u} = 0,468\,A^{\frac{1}{2}} I^{-\frac{4}{11}} q^{-\frac{3}{11}}.$$

Quant au temps $t_2$, les observations des Ingénieurs américains nous font connaître qu'il varie de 2 à 20 minutes. Les temps les plus faibles correspondent aux terrains à forte pente. C'est pourquoi nous proposons pour ce terme correctif la valeur $I^{-4/11}$, qui donne 2,32 minutes pour $I = 0,10$ dans un terrain à très forte pente, et 12 H pour $I = 0,001$ dans un terrain à très faible pente. Cette donnée est légèrement pessimiste, ainsi qu'il convient dans de telles prévisions. Bref, nous déterminons $t_1 + t_2$ par l'équation

$$t_1 + t_2 = I^{-\frac{4}{11}}\left(1 + 0,468\,A^{\frac{1}{2}} q^{-\frac{3}{11}}\right),$$

la parenthèse variant de 2 à 10, l'expression s'éloigne peu de

$$t_1 + t_2 = I^{-\frac{4}{11}} A^{-\frac{11}{30}} q^{0,2} \times 1,09.$$

*Débit maximum en fonction de la fréquence.* — La formule donnée plus

haut, pour relier H et $q$, peut s'écrire

$$\frac{1}{6}\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta}\mathrm{HA} = q\left(\mathrm{T} + \frac{t_1+t_2}{\beta}\right),$$

le débit $q$ dépend donc de l'averse par le quotient $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$ en donnant par définition à $\theta$ la valeur $(t_1+t_2)/\beta$.

Nous avons formé pour chaque averse figurée sur les tableaux de l'article précité de M. Louis Besson les valeurs numériques de $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$, en donnant à $\theta$ une série de valeurs de 4 à 64 miuutes, et nous avons étudié la fréquence en fonction de la grandeur de $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$.

Nous avons pu ainsi représenter la fréquence F par semaine, des averses donnant un résultat au moins supérieur à une valeur donnée de $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$ par l'expression

$$\mathrm{F} = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_z^\infty e^{-z^2}\,dz,$$

qui représente une courbe de Gauss, mais dans laquelle

$$z = 1{,}32 + 1{,}8\log\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{T}+\theta} + 0{,}6\log\theta.$$

Le phénomène suit donc la loi de l'Effet proportionnel, qui rend si bien compte de la fréquence des crues, et qui a été définie pour la première fois par Gibrat ([1]) et utilisée par lui sur les crues de la Truyère.

Nous déduisons de là que

$$\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{T}+\theta} = \theta^{-\frac{1}{3}}\,10^{\frac{z}{1,8}-0,703},$$

d'où, en reportant dans les équations précédentes,

$$\frac{1}{6}\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta}\theta^{-\frac{1}{3}}10^{\left(\frac{z}{1,8}-0,703\right)}\times\mathrm{A} = q,$$

$$\frac{1}{6}\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta}10^{\frac{z}{1,8}-0,703}\beta^{\frac{1}{3}}\mathrm{I}^{\frac{4}{33}}\mathrm{A}^{\frac{79}{90}}q^{0,0667}\times 1{,}03 = q,$$

$$\frac{1}{6}\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta^{\frac{2}{3}}}10^{\frac{z}{1,8}-0,703}\,\mathrm{I}^{\frac{4}{33}}\mathrm{A}^{\frac{79}{90}}\times 1{,}03 = q^{\frac{14}{15}},$$

$$\left[\frac{1{,}03}{6}\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta^{\frac{2}{3}}}\right]^{\frac{15}{14}}10^{\frac{z}{1,68}-0,75}\,\mathrm{I}^{0,13}\mathrm{A}^{\frac{79}{84}} = q.$$

([1]) *Des inégalités économiques, la loi de l'Effet proportionnel.* Paris, 1931.

Nous avons vu que nous pouvons prendre $\beta = 0,85$ et que $\alpha$, voisin de 1 pour de faibles surfaces, diminue avec la grandeur de celles-ci.

Il suffit de lui donner la valeur $\alpha = A^{-0,178}$ pour retrouver la formule de Burkli-Ziegler où $q$ est proportionnel à $A^{3/4}$, mais nous connaissons en plus l'influence de I et de la fréquence, $q$ s'écrit donc

$$q = 0,170 \times 10^{\frac{z}{0,168} - 0,75} I^{0,13} A^{0,75} (1-\gamma)^{\frac{15}{14}}.$$

*Évaluation du coefficient de perte.* — La quantité d'eau retardée ou dérivée dépend essentiellement de l'urbanisation.

En étudiant les îlots urbains pour différentes villes, nous avons trouvé que le rayon moyen des îlots $2A/L$, où L est la longueur des rues en hectomètres, dans la surface A en hectares, ce rayon moyen définit l'étendue relative des surfaces imperméabilisées et par conséquent le coefficient de perte.

Dans la construction des vieilles villes, on trouve exceptionnellement des îlots entièrement imperméabilisés pour lesquels $2A/L = 0,54$, il convient alors de prendre $1 - \gamma = 0,9$, les seules pertes étant par évaporation et humidification des toitures et cours.

Dans les quartiers modernes, avec $2A/L = 1,30$, nous trouvons des espaces libres importants et nous prévoyons $1 - \gamma = 0,48$.

Dans les quartiers résidentiels, les cités-jardins, $2A/L$ variant de 2 à 2,7, nous évaluons le coefficient $1 - \gamma$ à 0,32.

Bref, ces valeurs nous permettent d'écrire

$$(1-\gamma)^{\frac{15}{14}} = 0,56\left(\frac{2A}{L}\right)^{-\frac{3}{4}}$$

et la formule précédente devient, en substituant cette valeur,

$$q = 0,0566 \times 10^{\frac{z}{1,68} - 0,75} I^{0,13} L^{0,75}.$$

Cette forme simple caractérise bien le fait que l'imperméabilisation du bassin a pour cause le développement des rues.

En choisissant pour le calcul la fréquence de 10 ans, $z = 2,045$, les insuffisances étant séparées par cette période probable.

Nous écrirons simplement $q = KL^{3/4}$; $q$ étant cette fois en litres par seconde, K aura les valeurs suivantes en fonction de la pente moyenne des

canalisations.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I........ | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 |
| K........ | 67 | 73 | 83 | 91 | 99 | 113 | 123 |

Si nous voulons choisir une autre période, nous n'aurons qu'à multiplier K par le facteur représentant la variation en fonction de $1/52F$ en années, période P probable entre deux insuffisances.

$\lambda$ se déduit à vue du tableau suivant.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P..... | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,05 |
| $\lambda$...... | 1,58 | 1,24 | 1 | 0,8 | 0,57 | 0,45 | 0,34 | 0,215 | 0,142 | 0,071 |

*Application de la formule* $q = K\lambda L^{3/4}$. — $q$ est en litres par seconde et L en hectomètres. Nous pouvons tracer sur un ruban une échelle fonctionnelle qui appliquée directement sur le plan pour chaque rue, donne le débit à prévoir en chaque point à partir de l'origine.

Lorsque des canalisations convergent, le débit au confluent est pris égal à la somme des débits d'amont. Le ruban est déplacé pour correspondre, à ce confluent, au débit totalisé, et sa lecture à l'aval donne les débits successifs jusqu'au confluent suivant où la même opération se renouvelle.

Cette méthode a pour résultat d'augmenter le débit pour une même surface A quand l'allongement du bassin diminue, ce qui est conforme à l'effet correspondant du phénomène de capacité, et l'application reste correcte.

Le ruban pourra être aussi établi une fois pour toutes pour $K\lambda = 100$, et le coefficient de proportionnalité pour chaque quartier de la ville sera déduit d'après la pente des canalisations en application du tableau ci-dessus.

Le coefficient $\lambda$ sera en général constant, sauf pour les collecteurs, après les déversoirs d'orage, en fonction de la valeur fixée pour P dans ces organes.

La méthode de calcul est donc d'application très simple. Elle est immédiate, sans tâtonnement et suit le parcours de la canalisation.

Il convient évidemment d'ajouter aux débits urbains ainsi déterminés les débits des ruisseaux à leur entrée dans la zone urbaine, ceux-ci étant évalués par la pluviométrie ou les observations directes, le calcul se faisant ensuite par le ruban fonctionnel.

La grande variation de $\lambda$, déduite du tableau ci-dessus, montre l'importance de la période d'insuffisance P choisie. Le tableau de $\lambda$ pourra servir également à déterminer le débit du ruisseau, à prendre en compte, d'après la durée des observations dont on dispose.

M. **Charles Pérez** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre *Recherches sur les Rhizocéphales*. I. *Rameau récurrent et formations ovariennes des racines chez le « Peltogaster paguri »*.

M. **Lucien Cuénot** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé *Invention et finalité en biologie*.

## CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'intégration des équations d'Einstein.* Note [1] de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

I. *Le problème des conditions initiales* [2]. — Dans l'espace de Riemann représentatif d'un univers relativiste, considérons un domaine à quatre dimensions qui ne soit traversé par aucune forme d'énergie. La métrique correspondante

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\,dx^\alpha\,dx^\beta \qquad (\alpha,\ \beta \text{ et tout indice grec} = 1,\ 2,\ 3,\ 4)$$

satisfait dans le domaine aux équations d'Einstein du cas extérieur

$$(1) \qquad S_{\alpha\beta} \equiv R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\,g_{\alpha\beta}R = 0.$$

Sur une hypersurface S définie par l'équation $x^4 = 0$, donnons-nous les valeurs des potentiels $g_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées premières $\partial_4 g_{\alpha\beta}$ et cherchons à déterminer le champ de gravitation extérieur correspondant dans tout son domaine d'existence. On sait [3] que, relativement à l'hypersurface S, les équations (1) peuvent être partagées en deux groupes :

$$(2) \qquad S_{ij} = 0 \qquad (i,\ j \text{ et tout indice latin} = 1,\ 2,\ 3);$$

$$(3) \qquad S_\alpha^4 = 0.$$

Les potentiels $g_{\alpha\beta}$ doivent satisfaire dans tout le domaine d'espace-temps considéré au système hyperbolique défini par le premier groupe. Le

---

(1) Séance du 6 octobre 1941.

(2) Les notations sont celles de mon livre, *Problèmes globaux en mécanique relativiste*, Paris, 1939.

(3) Cf. Élie Cartan, *Bull. Soc. math. de France*, 59, 1931, p. 88-118; Lichnerowicz, *op. cit.*, p. 14-18.

second, s'il est vérifié sur S, où il ne fait intervenir que les données de Cauchy, est alors vérifié partout. Le problème de l'intégration des équations d'Einstein se divise ainsi en deux problèmes : le premier, appelé problème des conditions initiales ([4]), consiste dans la recherche de données de Cauchy satisfaisant aux équations (3). Le second est l'étude de l'évolution dans le temps des potentiels correspondants.

II. *Conditions initiales portées par une variété minima.* — Sans nuire à la généralité, on peut toujours supposer qu'à l'espace-temps extérieur considéré correspond l'élément linéaire orthogonal

$$ds^2 = V^2(dx^4)^2 + g_{ij}\,dx^i\,dx^j,$$

la forme quadratique admettant les $g_{ij}$ pour coefficients étant définie négative. Introduisons le tenseur d'espace $\Omega_{ij}$ défini sur S par les équations

$$\Omega_{ij} = \frac{1}{2V}\partial_4 g_{ij}, \qquad \Omega^{ij} = g^{ih}g^{jk}\Omega_{hk}, \qquad K = g_{ij}\Omega^{ij}, \qquad H^2 = g_{ih}g_{jk}\Omega^{ij}\Omega^{hk}$$

et désignons par $\overline{R}$ la courbure scalaire de S. Avec ces notations, les équations (3) peuvent être mise sous la forme

(4a) $$\nabla_j[\Omega^{ij} - g^{ij}K] = 0,$$

(4b) $$\overline{R} + K^2 - H^2 = 0.$$

Nous nous proposons d'intégrer les équations (4) dans l'hypothèse où la variété S est minima pour l'élément linéaire considéré ([5]). Cette hypothèse nous conduit à adjoindre aux équations (4) la condition

(5) $$K = 0.$$

A cet effet, donnons-nous arbitrairement sur S un élément linéaire tridimensionnel $(ds^\star)^2 = g^\star_{ij}\,dx^i\,dx^j$, et posons

$$g_{ij} = e^{2\theta}g^\star_{ij}, \qquad \Omega^{ij} = e^{-5\theta}\Pi^{ij},$$

$\theta$ désignant une fonction inconnue des $x^i$. Le système des équations (4) et (5) se décompose alors entre les deux groupes d'équations

(6a) $$\nabla^\star_j[\Pi^{ij}] = 0, \qquad g^\star_{ij}\Pi^{ij} = 0.$$

(6b) $$-g^{ij\star}\partial_{ij}\theta + a^{ij}\,\partial_i\theta\,\partial_j\theta + b^i\,\partial_i\theta + c = -e^{-4\theta}L^2.$$

---

([4]) Racine, *Le problème des n corps dans la théorie de la relativité*, Paris, 1934.

([5]) L'importance de ces variétés minima a été mise en évidence par Racine (*op. cit.*, p. 49) et par l'auteur (*Bull. des Sc. math.*, 2e série, 65, 1941, p. 9).

Dans ces équations, $\nabla^*_j$ désigne l'opérateur de dérivation covariante de la métrique $(ds^*)^2$, les quantités $a^{ij}$, $b^i$, $c$ sont des fonctions régulières ne dépendant que des $g^*_{ij}$ et le scalaire $L^2$ est donné par la relation

$$L^2 = g^*_{ih} g^*_{jk} \Pi^{ij} \Pi^{hk}.$$

Soit $x^3 = 0$ la frontière d'un domaine $\Delta$ à 3 dimensions de S et donnons-nous arbitrairement dans ce domaine les composantes $\Pi^{11}$ et $\Pi^{22}$. De la connaissance sur la frontière de $\Delta$ des composantes $\Pi^{13}$, $\Pi^{23}$ et $\Pi^{33}$ on déduit, par intégration du système ($6a$), les valeurs dans $\Delta$ de toutes les composantes du tenseur $\Pi^{ij}$. Nous sommes alors ramenés à intégrer l'équation ($6b$) : on peut montrer que cette équation, qui est de type elliptique, admet, pour tout domaine $\Delta$, *un théorème d'unicité*.

Un espace-temps quelconque pouvant toujours être rapporté à un système de coordonnées tel que la variété initiale soit minima, nous avons ainsi déterminé le degré de généralité des espaces-temps solutions des équations d'Einstein du cas extérieur.

TOPOLOGIE. — *Sur les ensembles possédant la propriété des quatre points.* Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Parmi les figures les plus simples de la géométrie, on peut ranger sous le nom de *figures fondamentales* celles qui sont homéomorphes à un segment fermé ou à une demi-droite (comprenant le point initial), ou à une droite ou à une circonférence, et que nous appellerons respectivement *arcs simples*, *rayons topologiques*, *droites topologiques*, *circonférences topologiques*. Le but de cette Note est de donner une caractérisation topologique des figures fondamentales, et cela sous une forme se prêtant à une distinction facile entre leurs quatre types.

Les espaces où nous nous placerons sont ceux que nous avons appelés dans notre Thèse [1] *espaces de F. Riesz*. Voici la définition : On considère un ensemble abstrait $\mathcal{E}$ comme un espace de F. Riesz, si l'on a défini une opération de fermeture faisant correspondre à chaque sous-ensemble E de $\mathcal{E}$ un ensemble $\bar{E} \subset \mathcal{E}$, de façon que les deux conditions suivantes dues à M. F. Riesz soient vérifiées : 1° Quels que soient deux ensembles E, F,

(1) K. Fan, *Sur quelques notions fondamentales de l'Analyse générale*, Thèse, Paris, 1941, *Journ. de Math. pures et appl.*, sous presse.

on a $\overline{E+F} = \bar{E} + \bar{F}$. 2° Si E ne contient qu'un seul point ou n'en contient aucun, on a $\bar{E} = E$. La catégorie des espaces de F. Riesz est d'une extrême généralité. Elle comprend comme cas particuliers les espaces ($\mathcal{L}$) de M. Fréchet ([2]) ainsi que les espaces accessibles ([3]), et par suite les espaces de Hausdorff.

II. Soient $a$, $b$, $c$, $d$ quatre points distincts d'un ensemble connexe E. Nous dirons que *le couple a, b sépare le couple c, d* (*dans* E) et nous écrirons $ab \| cd$, si $E-(a)-(b)$ ne contient aucun ensemble connexe contenant $c$, $d$.

Nous dirons qu'un ensemble E possède *la propriété des quatre points*, s'il est connexe, formé de plus d'un point et satisfait à la condition suivante : quels que soient quatre points distincts $a$, $b$, $c$, $d$ de E, ou bien $ab \| cd$, ou bien $ac \| bd$, ou bien $bc \| ad$.

Théorème I. — *Pour qu'un ensemble d'un espace de F. Riesz soit une figure fondamentale, il faut et il suffit qu'il soit séparable* ([4]), *localement connexe* ([5]) *et possède la propriété des quatre points.*

Théorème II. — *Dans un espace de F. Riesz, pour tout ensemble* E *possédant la propriété des quatre points, le nombre* $\tau$ *de ses points* $x$ *tels que* $E-(x)$ *soit connexe ne peut être que* 0, 1, 2 *ou infini. Un ensemble séparable, localement connexe et possédant la propriété des quatre points est respectivement un arc simple ou un rayon topologique ou une droite topologique ou une circonférence topologique, suivant que* $\tau = 2$ *ou* 1 *ou* 0 *ou infini.*

III. Si l'on veut envisager seulement les trois premiers types des figures fondamentales, la notion suivante pourra être utile. Un ensemble E sera dit *filiforme* s'il est connexe, formé de plus d'un point et vérifie la condition suivante ([6]) : quels que soient trois points distincts $a$, $b$, $c$ de E, il existe au moins un d'entre eux, soit $a$, tel que $E-(a)$ ne contienne aucun ensemble connexe contenant $b$, $c$. On peut démontrer que les ensembles

---

([2]) *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 164.

([3]) M. Fréchet, *op. cit.*, p. 185.

([4]) Un ensemble E est dit *séparable*, s'il contient un ensemble dénombrable dense dans E.

([5]) Cf. F. Hausdorff, *Mengenlehre*, 3e édition, 1935, p. 155.

([6]) Nous avions défini les ensembles filiformes au moyen d'une autre condition moins simple. Nous devons à M. H. Cartan de précieuses remarques qui nous ont permis d'obtenir la condition donnée ici. D'ailleurs c'est en généralisant cette condition, que nous avons été conduit à la définition de la propriété des quatre points.

filiformes ne sont autres que les ensembles possédant la propriété des quatre points et ayant $\tau$ fini.

Pour qu'un ensemble E connexe formé de plus d'un point possède la propriété des quatre points et ait $\tau$ infini, la condition suivante est nécessaire et suffisante : l'ensemble obtenu en retranchant de E un sous-ensemble connexe quelconque est toujours connexe ([7]).

Notons enfin qu'il y a identité entre un ensemble filiforme avec $\tau = 2$ et un ensemble connexe irréductible entre deux points. Il y a aussi identité entre un ensemble filiforme avec $\tau = 1$ et un ensemble monotone-connexe relatif à un point ([8]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les fonctions asymptotiquement presque-périodiques continues.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Paul Montel.

*Introduction.* — En introduisant et utilisant la notion de fonction asymptotiquement presque-périodique, nous avons pu établir, en 1933, que les probabilités arithmétiques *en chaîne* $P_{jk}^{(n)}$, qui ne convergent pas toujours, convergent toujours en moyenne arithmétique; et, en 1937, étendre la même propriété aux probabilités géométriques *en chaîne* $P^{(n)}(E, F)$ quand elles sont *bornées à la longue*. Tout récemment, nous avons pu aussi, grâce à l'emploi des mêmes fonctions, obtenir des résultats nouveaux dans l'étude des propriétés moyennes des systèmes dynamiques. Enfin il est visible que la considération de ces fonctions peut rendre de grands services dans la théorie des équations différentielles en vue de son application à l'étude des vibrations.

Nous avons donc pensé qu'il serait utile d'énoncer explicitement les principales propriétés de cette nouvelle classe de fonctions. Pour commencer, nous ne considérerons ici que la catégorie la plus importante, celle qui est constituée de fonctions continues. Ces propriétés sont très semblables à celles des fonctions presque-périodiques continues, et leurs démonstrations, que nous publions dans un autre Recueil, suivent les mêmes lignes générales. Mais il y a des différences dans les détails et surtout des complications nouvelles provenant naturellement de la plus grande généralité obtenue.

Théorème. — *Les trois définitions suivantes des fonctions asymptotiquement presque-périodiques continues* (en abrégé, fonction A. P. P. C.) *sont équivalentes :*

I. Une fonction A. P. P. C., $f(t)$, est la somme

$$f(t) = p(t) + \omega(t) \tag{1}$$

([7]) Cette condition a été étudiée par J. R. Kline (*Fund. Math.*, 5, 1924, p. 3).

([8]) Cf. K. Fan, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 1024-1026.

d'une fonction presque-périodique continue (P. P. C.) au sens de H. Bohr, $p(t)$, et d'une fonction continue, $\omega(t)$, tendant vers zéro quand $t \to +\infty$ [1].

II. Une fonction A. P. P. C., $f(t)$, définie sur une *demi-droite positive* D (c'est-à-dire de la forme $t \geqq \alpha$) est une fonction continue sur D et telle qu'à tout nombre positif $\varepsilon$ correspondent deux nombres $l > 0$ et $B \geqq \alpha$, de sorte que sur tout segment de longueur $l$ se trouve un nombre $\tau$ pour lequel on a

$$|f(t+\tau) - f(t)| < \varepsilon$$

quand $t$ et $t+\tau$ sont $\geqq$ B.

III. Une fonction A. P. P. C., $f(t)$, définie sur une demi-droite positive D est une fonction continue sur D et telle que, de toute suite de nombres $h_n \to +\infty$, on puisse extraire une suite de nombres $k_n$, de sorte que $f(t+k_n)$ converge uniformément sur toute demi-droite positive.

*Propriétés.* — 1° La décomposition (1) est unique; on peut donc appeler $p(t)$ le *terme principal* de la fonction A. P. P. C., $f(t)$, et $\omega(t)$ le *terme correctif* de $f(t)$.

2° Une fonction A. P. P. C. définie sur une demi-droite positive y est bornée et également continue.

3° Si $f(t)$ est A. P. P. C. sur une demi-droite ($t \geqq \alpha$) et si $\lambda$ est un nombre réel, l'expression

$$\frac{1}{L}\int_c^{c+L} e^{-i\lambda t} f(t)\,dt,$$

où $c \geqq \alpha$, tend vers une limite déterminée $a(\lambda)$ quand $L \to +\infty$, cette limite est indépendante de $c$ et sa valeur n'est $\neq 0$ que pour un ensemble dénombrable $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ de valeurs de $\lambda$ appelées exposants de Fourier de $f(t)$; les $a(\lambda_i)$ en sont les coefficients de Fourier. Les exposants de Fourier et les coefficients de Fourier de $f(t)$ sont égaux à ceux de son terme principal.

4° Soient $f_1(t), \ldots, f_n(t)$ plusieurs fonctions A. P. P. C. définies sur la même demi-droite positive D, $\Gamma$ la trajectoire du point $x_1 = f_1(t), \ldots, x_n = f_n(t)$, $\Phi(x_1, \ldots, x_n)$ une fonction continue sur la fermeture $\Gamma + \Gamma'$ de $\Gamma$ : la fonction $\varphi(t) = \Phi[f_1(t), \ldots, f_n(t)]$ est A. P. P. C. sur D et son terme principal est $\Phi[p_1(t), \ldots, p_n(t)]$, où $p_h(t)$ est le terme principal de $f_h(t)$. Chaque exposant de Fourier de $\varphi(t)$ est une combi-

[1] C'est le cas le plus utile en mécanique, quand $t$ désigne le temps. On traiterait de même le cas où $t \to -\infty$, ou bien où $t \to \pm\infty$.

naison linéaire et homogène à coefficients entiers positifs d'un nombre fini, éventuellement variable, des exposants de Fourier de $f_1(t), \ldots, f_n(t)$.

5° Si une suite de fonctions A. P. P. C., $f_n(t)$, converge uniformément sur une demi-droite positive D, leur limite $f(t)$ est A. P. P. C. sur D. De plus, le terme principal et le terme correctif $\omega_n(t)$ de $f_n(t)$ convergent uniformément sur D vers les termes correspondants de $f(t)$. Et la convergence de $p_n(t)$ est même uniforme sur la droite illimitée.

6° Soit $f(t)$ une fonction A. P. P. C. dérivable sur une demi-droite positive D. Pour que sa dérivée soit A. P. P. C. sur D, il faut et il suffit qu'elle y soit uniformément continue. Et, dans ce cas, le terme principal et le terme correctif de $f'(t)$ sont respectivement les dérivées du terme principal et du terme correctif de $f(t)$.

7° Soit $\omega(t)$ le terme correctif d'une fonction $f(t)$ qui est A. P. P. C. sur une demi-droite positive D. Pour que l'intégrale indéfinie de $f(t)$ soit A. P. P. C. sur D, il faut et il suffit : 1° que cette intégrale soit bornée sur D ; 2° que l'intégrale $\int_t^{+\infty} \omega(x)\,dx$ soit convergente. Et, dans ce cas, le terme correctif de $\int f(t)\,dt$ sera $\int_{+\infty}^t \omega(x)\,dx$.

*Remarque.* — On étend utilement en vue du problème ergodique les définitions et propriétés précédentes aux fonctions ponctuelles (ou vectorielles) A. P. P. C.

ASTRONOMIE. — *Orbite de l'étoile double Furuhjelm* 46. Note de M. **Paul Baize**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étoile Furuhjelm 46 (= BD + 45° 2505; position 1950 : $17^h 10^m 6$ + 45° 47′, magnitude 9,43, spectre $M_4$) est connue depuis longtemps comme étoile à grand mouvement propre et à forte parallaxe [1]. En 1934 M. G.P. Kuiper [2] découvrit que cette étoile était double et, dès le début, il fut évident que le couple était *en mouvement orbital rapide;* l'examen de photographies prises au Mont Wilson par M. van Maanen montra en effet qu'en 1927 l'image de l'étoile était ronde, qu'en 1928 elle était peut-être

---

(1) *Le General Catalogue of Stellar Parallaxes* de Schlesinger (1935) donne $\mu = 1'',56$ vers 171° et $\pi$ trigon. $= + 0'',144$.

(2) *Publ. Astron. Soc. of the Pacific*, 46, 1934, p. 235.

allongée, et qu'en 1929 elle était certainement allongée dans la direction 90°-270° avec une distance de l'ordre de 0″,5. L'écartement des composantes était de 1″ environ en 1934.

Les observations *visuelles* ultérieures ont confirmé ce mouvement ([3]) et le calcul de l'orbite est d'ores et déjà possible, 7 ans à peine après la découverte du couple. Les magnitudes des composantes sont respectivement 9,9 et 10,4, ce qui évite toute ambiguïté de quadrant.

Les mesures de ce couple difficile sont fort peu nombreuses; les seules que j'aie pu me procurer sont celles de Kuiper ([4]) et celles que M. G. van Biesbroeck m'a obligeamment communiquées avant publication. A l'équatorial de 0m,305 de la Tour de l'Ouest de l'Observatoire de Paris, j'ai pu effectuer 35 mesures de ce couple de 1935 à 1941 inclus. L'ensemble de ces observations est réuni dans la liste suivante :

| | ° | ″ | | |
|---|---|---|---|---|
| 1934,39 | 228,9 | 1,10 | Kuiper | 1 *n* |
| 1935,43 | 217,0 | 1,01 | V. Bs | 1 |
| 1935,55 | 219,4 | 1,00 | Kuiper | 2 |
| 1935,69 | 217,0 | 1,07 | Baize | 3 |
| 1936,40 | 209,7 | 0,94 | V. Bs | 3 |
| 1936,58 | 207,0 | 0,89 | Kuiper | 2 |
| 1936,60 | 207,7 | 0,94 | Baize | 3 |
| 1937,30 | 199,3 | 0,77 | V. Bs | 3 |
| 1937,59 | 194,0 | 0,78 | Baize | 4 |
| 1937,77 | 182,4 | 0,67 | Baize | 6 |
| 1937,84 | 178,7 | 0,60 | Baize | 2 |
| 1938,40 | 174,8 | 0,43 | V. Bs | 4 |
| 1938,65 | 154,9 | 0,43 | Baize | 3 |
| 1938,75 | 143,0 | 0,4± | Baize | 4 |
| 1939,61 | Ronde ou faible allongement Nord-Sud. | | Baize | 2 |
| 1940,59 | 293,4 | 0,49 | Baize | 5 |
| 1941,56 | 274,4 | 0,67 | Baize | 5 |

A l'aide de ces observations, et en utilisant, pour les éléments géométriques, la méthode de M. Ettore Martin ([5]) et, pour les éléments mécaniques, le procédé récemment indiqué par M. N. W. Mac-Leod ([6]), j'ai calculé les éléments suivants, que l'on pourra comparer à ceux que

([3]) Voir *Astronomische Nachrichten*, n° 6326, décembre 1937.
([4]) *Astrophysical Journal*, 84, 1936, p. 360.
([5]) *Rendic. d. R. Accad. dei Lincei*, série $6^a$, 15, XII, 1932, p. 955.
([6]) *Astronomical Journal*, 48, 1940, p. 119.

M. Zimmermann a publiés en 1939 [7] :

| | | | |
|---|---|---|---|
| P..... | $10^a,72$ | $i$..... | $\pm 147°,1$ |
| T..... | 1939,41 | $\omega$..... | 343°,1 |
| $e$..... | 0,621 | ☊..... | 37°,5 |
| $a$..... | 0″,675 | $n$..... | 33°,582 |

L'orbite de M. Zimmermann représente, à peu près aussi bien que la mienne, les observations de 1934 à 1937, mais elle donne de forts résidus en angle pour les années ultérieures (+17°,4 en 1938,40, —20°,2 en 1940,59). La nouvelle orbite donne, avec les observations, les résidus O — C suivants, qu'on peut considérer comme satisfaisants :

| Époque. | Δθ. | Δρ. | Époque. | Δθ. | Δρ. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1934,39..... | 0°,0 | +0″,02 | 1937,59..... | +2°,1 | +0″,08 |
| 1935,43..... | —2,7 | —0,03 | 1937,77..... | —5,4 | +0,02 |
| 1935,55..... | +0,8 | —0,03 | 1937,84..... | —7,3 | —0,03 |
| 1935,69..... | —0,3 | +0,05 | 1938,40..... | +8,4 | —0,03 |
| 1936,40..... | —0,1 | +0,01 | 1938,65..... | +3,5 | +0,06 |
| 1936,58..... | —0,6 | —0,01 | 1938,75..... | —0,6 | (+0,06) |
| 1936,60..... | +0,3 | +0,04 | 1940,59..... | —5,2 | +0,02 |
| 1937,30..... | +2,0 | 0,00 | 1941,56..... | +5,1 | —0,03 |

L'orbite que j'ai ainsi obtenue permet de calculer *une parallaxe dynamique de* 0″,153, en bon accord avec la parallaxe trigonométrique (0″,144 ± 0″,007, *Schlesinger Catalogue*; 0″,150 ± 0″,006, van Maanen) et avec la parallaxe spectroscopique (0″,14, Mont-Wilson). Si l'on prend comme valeur la plus probable $\pi = 0'',150$, la masse totale du système est 0,79 ☉. La relation Masse-Luminosité donne pour les masses de A et de B respectivement 0,40 ☉ et 0,36 ☉, ce qui s'accorde bien avec la masse déduite des éléments orbitaux. Le spectre étant du type $M_4$, les deux étoiles sont donc des *naines rouges*.

*L'éphéméride* ci-dessous embrasse une révolution entière de ce couple si rapide :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1942,50..... | 254°,5 | 0″,88 | 1949,50..... | 140°,9 | 0″,33 |
| 1943,50..... | 243,4 | 1,01 | 1950,00..... | 73,0 | 0,25 |
| 1944,50..... | 234,1 | 1,07 | 1950,50..... | 0,7 | 0,29 |
| 1945,50..... | 225,5 | 1,08 | 1951,00..... | 315,6 | 0,39 |
| 1946,50..... | 216,3 | 1,01 | 1951,50..... | 290,7 | 0,52 |
| 1947,50..... | 205,1 | 0,87 | 1952,50..... | 265,3 | 0,75 |
| 1948,50..... | 187,5 | 0,64 | 1953,50..... | 251,0 | 0,92 |
| 1949,00..... | 171,9 | 0,50 | | | |

(7) *Astronomische Nachrichten*, 268, 1939, p. 157.

MAGNÉTISME. — *Paramagnétisme des ferrites de calcium hydratés.* Note [1] de M^lle **Jeanne Foret**, présentée par M. Paul Pascal.

Les ferrites de calcium hydratés, obtenus par précipitation simultanée et combinaison progressive d'hydrate de fer et de chaux, sous l'influence de la soude, perdent rapidement la coloration due à l'oxyde de fer et deviennent blancs. Ces ferrites exposés à l'air, sous l'influence du gaz carbonique, se décomposent [2] avec régénération de la coloration en libérant de l'oxyde ferrique dont la susceptibilité magnétique se rapproche de celle de la gœthite. Ceci à rapprocher des expériences de R. Chevallier [3] sur l'action des solutions alcalines sur l'oxyde de fer : l'oxyde de fer se trouve finalement à l'état de gœthite, et l'action est d'autant plus rapide que la solution alcaline est plus concentrée.

Il était intéressant de constater, d'une part la valeur du paramagnétisme de l'oxyde de fer entrant dans la composition du ferrite et de voir s'il n'y avait pas une dissimulation de l'oxyde de fer en relation avec la disparition de coloration, d'autre part de vérifier si la concentration de la soude, nécessaire à la précipitation, avait une influence sur le magnétisme du produit formé. C'est dans ce double but qu'ont été dirigées ces expériences.

J'ai préparé les ferrites de calcium suivants : $Fe^2O^3.0,5CaO$, $Fe^2O^3.1,5CaO$; $Fe^2O^3.2,5CaO$; $Fe^2O^3.3CaO$; $Fe^2O^3.3,5CaO$; $Fe^2O^3.4CaO$. J'ai employé la méthode habituelle : précipitation des ferrites par la soude dans les mélanges en solution des quantités calculées de chlorure de fer et de chlorure de calcium. Le précipité obtenu était, après un temps déterminé, prélevé à la pipette, concentré à la centrifugeuse et son magnétisme mesuré à la balance Curie-Chénevaud; tout ceci à l'abri du gaz carbonique. L'analyse du produit soumis à la mesure était ensuite faite pour déterminer la teneur en oxyde de fer et en chaux. J'ai rapporté à l'oxyde de fer la susceptibilité trouvée. Voici les résultats de ces expériences :

| | $Fe^2O^3.0,5CaO$ | | | $Fe^2O^3.1,5CaO$ | | | $Fe^2O^3.2,5CaO$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C... | 0,490 | 0,490 | – | 0,784 | 0,122 | – | 0,784 | 0,784 | 0,0843 |
| T... | 3 | 8 | – | 2 | 2 | – | 2 | 5 | 8 |
| S... | 70,3 | 83 | – | 98 | 73,5 | – | 77,8 | 85 | 87,2 |

[1] Séance du 13 octobre 1941.

[2] J. Foret, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 266.

[3] R. Chevallier et S. Mathieu, *Comptes rendus*, 206, 1941, p. 1955.

| | $Fe^2O^3.3\,CaO$. | | | $Fe^2O^3.3,5\,CaO$. | | | $Fe^2O^3.4\,CaO$. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C... | 0,784 | 0,784 | 0,0376 | 0,784 | 0,784 | 0,0320 | 0,784 | 0,784 | 0,0357 |
| T... | 2 | 5 | 7 | 2 | 5 | 8 | 1 | 5 | 8 |
| S... | 55 | 64 | 76,2 | 76 | 70,5 | 82,4 | 76 | 76,4 | 79,5 |

C, Concentration de la soude (N); T, Temps (jours); S, Susceptibilité magnétique ($\times 10^{-6}$).

De telles mesures, effectuées sur un produit humide et dont on ignore la teneur en eau, sont nécessairement très imprécises. Elles permettent cependant d'aboutir aux conclusions suivantes :

1° l'oxyde de fer à l'état de ferrite de calcium hydraté ne présente pas de dissimulation magnétique. Il est même plus paramagnétique qu'après décomposition et carbonation à l'air du ferrite.

2° l'oxyde de fer dans ces combinaisons ne subit pas sensiblement de variation magnétique sous l'influence des concentrations variées de soude. J'avais montré que la soude favorise la formation des ferrites de calcium et en assure la stabilité. Il semble que ces composés une fois formés ne subissent plus l'exaltation de magnétisme que manifeste l'oxyde de fer au contact de la soude.

PHOTOCHIMIE. — *Absorption ultraviolette et décomposition photochimique des solutions aqueuses d'acide ascorbique dans l'ultraviolet.* Note de Mlle **Sylvanie Guinand** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Maurice de Broglie.

De nombreux auteurs ont étudié l'absorption des solutions de cet acide, qui présentent une bande intense aux environs de 2600 Å et qui subissent une décomposition photochimique par l'action de l'ultraviolet.

Au cours de l'année 1939-1940, nous avons repris cette étude afin de doser l'acide ascorbique par la méthode de Chevallier et Choron (1). Nous avons pu vérifier la loi de Beer dans un grand domaine de concentrations et réaliser une destruction photochimique énergique avec un appareillage simple.

On a employé la photométrie photographique : lampe à hydrogène, petit spectrographe Hilger, plaques Zénith Ilford, microphotomètre Chalonge et Lambert, cuve de Baly donnant des épaisseurs de 0,1 mm

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **19**, 1937, p. 511.

à 10 cm. La précision sur les densités optiques ($\log_{10}$ de l'opacité) était de 1 % environ. Les solutions étaient à 16°C. Nous les avons préparées en dissolvant l'acide ascorbique cristallisé dans de l'eau bidistillée bouillie additionnée d'un poids de KCN double de celui de l'acide, pour rendre négligeable la décomposition dans l'obscurité.

Pour l'étude de la loi de Beer, nous avons employé la méthode la plus directe : enregistrement de plusieurs spectres relatifs à des concentrations et des épaisseurs telles que leur produit soit constant : épaisseurs 10,00, 1,000, 0,100 et 0,010 cm; concentrations $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$ et $10^{-3}$ g/cm³. Les enregistrements relatifs aux concentrations $10^{-6}$, $10^{-5}$ et $10^{-4}$ sont superposables : la loi de Beer est donc vérifiée pour ces concentrations. Au centre de la bande, le coefficient $\varepsilon$ ($I = I.10^{-\varepsilon lc}$, $l$ en cm, $c$ en g/cm³) est égal à 86 000 $\mp$ 1000. Pour deux échantillons différents d'acide ascorbique, la valeur a été la même; elle diffère pourtant de celles données par les précédents auteurs (5, 6,25 et $7.10^4$); pour la loi de Beer nous n'avions pas trouvé de vérification directe autre que celle qui porte sur l'intervalle assez réduit de $5.10^{-6}$ à $25.10^{-6}$ g/cm³ (²). Sa validité pour toutes les concentrations inférieures à $10^{-4}$ g/cm³ est une base sûre pour les dosages spectrophotométriques.

Dans les solutions extraites des tissus, le dosage peut être faussé par l'absorption due à d'autres substances; l'acide ascorbique étant détruit par la lumière ultraviolette, il est possible d'éliminer l'influence des substances gênantes (si celles-ci ne sont pas photosensibles) en faisant deux mesures séparées par une irradiation (Chevallier et Choron). Ces auteurs irradiaient à l'aide d'un tube à hydrogène à très grande puissance (3,5 kw). Nous avons cherché s'il n'était pas possible d'utiliser une source de réalisation plus simple. Les radiations actives ne peuvent être que celles du centre de la bande (vers 2650 Å) ou bien celles de l'ultraviolet plus lointain, où il y a réabsorption intense. La lumière de la lampe à mercure à enveloppe de quartz ne produit sur la solution qu'une action négligeable; au contraire, celle de l'électrode de zinc ou de cadmium produit une destruction rapide : les raies les plus actives sont donc celles de l'ultraviolet lointain. Avec un transformateur de 0,75 kw, 15000 V et un condensateur de 0,015 μF, une telle étincelle détruit en dix minutes tout l'acide ascorbique d'une solution à $10^{-5}$ g/cm³, placée dans une cuve de 1^cm^,5 d'épaisseur à la distance de 7^cm^. L'étincelle n'a pas la stabilité de la lampe à hydro-

(²) HERBERT, HIRST, PERCIVAL, REYNOLDS et SMITH, *J. Chem. Soc.*, 2, 1933, p. 127.

gène; mais l'évaluation exacte de l'énergie lumineuse consommée dans la réaction photochimique n'est pas nécessaire dans le cas étudié. Nous croyons donc utile de signaler la commodité de l'étincelle pour le dosage différentiel de l'acide ascorbique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Fumariacées. L'origine du corps de l'embryon chez le* Fumaria officinalis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Au début d'un Mémoire publié en 1928 et relatif à l'embryogénie des Papavéracées (1), j'attirais l'attention sur le grand développement et les caractères fort divers des suspenseurs des Fumariacées, que Hegelmaier avait examinés, en 1878 (2), avec des méthodes toutefois qui ne lui avaient pas permis de faire connaître l'origine exacte des blastomères générateurs de ces organes. Mes observations sur le *Fumaria officinalis* apportent toutes précisions sur ce sujet, tout en envisageant surtout l'origine et le mode de construction de l'embryon proprement dit.

Les premières segmentations de l'œuf conduisent le plus souvent à la formation d'une tétrade linéaire (*fig.* 4), la cellule basale du proembryon bicellulaire se divisant transversalement comme la cellule apicale. Mais la cellule basale ne se segmente pas toujours de la même manière; elle s'est cloisonnée obliquement en 3 et en 6; ses processus ultérieurs de division sont également fort variables; ils n'offrent d'ailleurs que peu d'intérêt étant donné que cette cellule produit finalement la partie inférieure d'un gros suspenseur et ne prend nulle part à la construction du corps embryonnaire.

La cellule subterminale *cd*, qui donne naissance à la partie supérieure du suspenseur, se partage, par cloisons verticales méridiennes (*fig.* 9, 10, 12, 16, 17, 19), en quatre cellules circumaxiales qui se divisent transversalement pour engendrer deux étages quadricellulaires (*fig.* 22 à 24). Quelquefois, la cellule *cd* se segmente tout d'abord obliquement (*fig.* 11, 14) ou transversalement (*fig.* 13, 15, 18, 20) et donne ainsi deux éléments superposés qui, à leur tour, prennent des cloisons verticales (*fig.* 13, 15, 20) ou obliques (*fig.* 14). Le groupe cellulaire, issu de *cd*, peut présenter de la sorte les dispositions les plus variées; les éléments qui le composent, par différenciations cytologiques, acquièrent bientôt les caractères des macromères produits par la cellule basale (*fig.* 26 à 30). Comme ces derniers, ils contribuent à la formation du suspenseur; ils ne concourent nullement à la construction de l'embryon.

---

(1) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 75, 1928, p. 452.

(2) F. Hegelmaier, *Vergleichende Untersuch. über Entwickl. dikotyledoner Keime*, Stuttgart, 1878.

La cellule terminale *cc* (*fig.* 4 à 11) se divise transversalement, comme le démontrent les figures 12 à 18, pour engendrer deux éléments superposés *ce* et *cf*. L'élément *cf*, par cloisons verticales méridiennes donne deux (*fig.* 19 à 22), puis quatre cellules juxtaposées (*fig.* 23, 25 à 27); celles-ci se segmentent ensuite transversalement et font apparaître deux étages quadricellulaires (*fig.* 29, 30). Ces deux étages prennent part à la construction de l'embryon : l'un donne naissance à la partie hypocotylée, l'autre à un complexe hypophysaire. Le mode de construction de ces deux étages est quelque peu variable : des cloisonnements transversaux peuvent d'abord s'établir dans les deux premières cellules juxtaposées, filles de *cf* (*fig.* 24); des parois longitudinales peuvent aussi précéder les parois transversales dans les quatre cellules circumaxiales génératrices des deux étages (*fig.* 28).

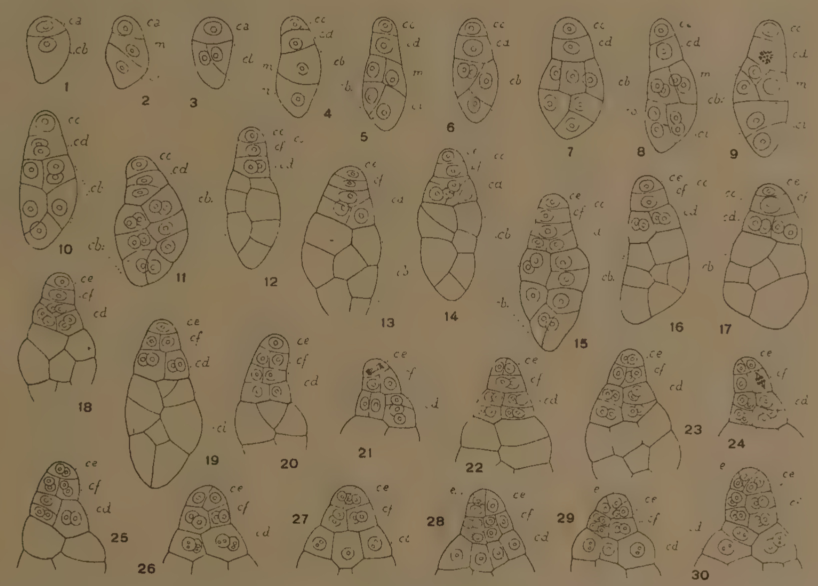


Fig. 1 à 30. — *Fumaria officinalis* L. — Les premières segmentations de l'œuf : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* donnant la partie inférieure du suspenseur; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* produisant la partie supérieure du suspenseur; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca*; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en dérive; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en est issu; *e*, épiphyse. G. = 280.

L'élément *ce* prend généralement une cloison oblique plus ou moins rapprochée de la verticale (*fig.* 21 à 26). Les deux cellules-filles ainsi engendrées sont asymétriquement placées; celle qui englobe le sommet se segmente à son tour obliquement (*fig.* 28, 29), l'autre verticalement; leurs cloisons sont, en règle générale, normales à la précédente et normales entre elles, de sorte que les quatres nouveaux éléments se groupent en tétraèdre : l'un occupe le sommet, les trois autres se trouvent disposés

au-dessous, à peu près sur un même niveau (*fig.* 29, 30). Ces quatre éléments ont valeur d'octants supérieurs, de même que les quatre cellules circumaxiales, tout d'abord produites par le blastomère *cf*, ont valeur d'octants inférieurs. Ils prennent tous une part importante à la construction de l'embryon; l'élément du sommet, *e* (*fig.* 28 à 30), se comporte comme une épiphyse, les trois autres éléments donnent naissance à la partie cotylée proprement dite.

Comme on le voit, l'embryon tout entier se développe, chez le *Fumaria officinalis*, aux dépens de la cellule *cc*, mère de *ce* et de *cf*, fille de *ca* et petite-fille de l'oospore; les autres éléments du jeune proembryon, *cd*, cellule-sœur de *cc*, et la cellule basale, *cb*, produisent seulement un suspenseur proprement dit, composé de gros macromères aux caractères cytologiques comparables. Au cours de mes recherches, je n'ai rencontré qu'une seule espèce, le *Medicago Lupilina* ([3]), chez laquelle a pu être établie semblable origine de l'embryon proprement dit et du suspenseur *sensu stricto*. Selon toute apparence, il doit en être de même chez l'*Hypecoum procumbens*, les deux vésicules micropylaires dont se compose le suspenseur de cette plante correspondant, l'une à la cellule basale, l'autre à la cellule *cd*, comme l'a démontré L. Guignard en 1903 ([4]).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Teneur de quelques végétaux en vitamine antipellagreuse (amide de l'acide nicotinique)*. Note ([1]) de M^lle^ **Madeleine Morel**, transmise par M. Émile Roubaud.

Depuis que l'acide nicotinique a été identifié à la vitamine antipellagreuse, quelques dosages ont été effectués dans divers végétaux à l'aide des méthodes chimiques. E. Kodicek ([2]), à qui l'on doit une contribution importante à la question de la teneur de divers aliments en acide nicotinique, a remarqué que les valeurs trouvées après hydrolyse alcaline des tissus végétaux étaient supérieures aux valeurs obtenues après extraction en milieu neutre. Il en avait conclu que, par hydrolyse alcaline, on extrait des *chromogènes*, que l'on dose par la méthode chimique et qui pourraient bien être totalement dépourvus de « valeur P. P. » (valeur préventive contre la pellagre). En fait les méthodes chimiques utilisées ne sont pas

---

([3]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 93.
([4]) *Journ. de Bot. Morot*, 17, 1903, p. 33.

([1]) Séance du 13 octobre 1941.
([2]) *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 712.

spécifiques de l'acide nicotinique, mais peuvent donner des résultats positifs avec des dérivés pyridiniques sans valeur vitaminique.

Nous avons repris le problème de la teneur en vitamine P. P. des végétaux, en utilisant comme test le *Proteus vulgaris*, qui, dans l'ensemble, réagit à l'acide nicotinique et à ses dérivés comme l'Homme et le Chien (A. Lwoff et A. Querido) ([3]).

Les végétaux ont été finement broyés avec du sable de Fontainebleau, tel que pour les végétaux frais, après chauffage en tubes scellés 1 heure à 120° dans l'eau pour les végétaux secs (haricots, céréales etc.). Après broyage on a procédé à des extractions : 1° dans l'eau bidistillée; 2° dans l'acide chlorhydrique à 1 % ; 3° dans l'acide chlorhydrique à 8 % ; 4° dans la soude à 8°. Toutes ces extractions sont faites en tubes scellés 1 heure à 120°. Après filtration sur filtre sans cendres, les extraits sont neutralisés et amenés à la dilution nécessaire pour effectuer le dosage, puis stérilisés en tubes scellés. L'acide nicotinique est ensuite dosé par la méthode de Lwoff et Querido ([4]). Nos résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

On peut constater que l'hydrolyse par l'acide chlorhydrique à 1 % donne en général des chiffres légèrement supérieurs à l'hydrolyse aqueuse simple. Nous ne retiendrons pas ces résultats. L'hydrolyse par l'acide chlorhydrique à 8 % donne des résultats identiques à l'hydrolyse par la soude à 8 % (Orge, Blé). Elle donne des résultats soit identiques (levure, Tomates), soit supérieurs (Blé, Orge, Pomme de terre, pain) à ceux de l'hydrolyse simple. L'extrait aqueux simple, traité par l'acide chlorhydrique à 8 %, 1 heure à 120°, ne montre pas de modification de sa teneur en acide nicotinique (orge, blé). L'hydrolyse acide ne transforme donc pas un composé inactif en composé actif, mais permet simplement une extraction plus complète. Les substances ainsi extraites, actives pour *Proteus vulgaris*, sont probablement douées d'activité vitaminique P. P. On notera la pauvreté en acide nicotinique du Maïs et du Seigle, reconnus depuis longtemps comme aliments *pellagrogènes*, et l'on retiendra aussi la richesse toute particulière de l'Orge, qui semble l'un des végétaux où la vitamine P. P. soit la plus abondante. Fait important : l'Orge mondé est aussi riche que l'Orge entière, alors que les enveloppes des autres Céréales renferment une fraction importante de l'acide nicotinique.

---

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1569.
([4]) *Ibid.*, 129, 1938, p. 1039.

| | Résultats personnels. | | | Kodicek. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Extraction par.......... | eau. | HCl 1 %. | HCl 8 %. | eau. | NaOH 8 % |
| Maïs (semoule)................ | 1,46 | | 1,34 | | 1,3 |
| Maïs jaune C.................. | | | | 0,6 | 1,2 |
| » D.................. | | | | 0,8 | 4,1 |
| Riz (décortiqué).............. | 1,34 | 1,30 | | | |
| Avoine (entière).............. | 1,05 | 0,96 | | | |
| Orge (entière)................ | 5,7 | 6,2 | 7,3 | | |
| Orge mondé.................... | 4,2 | 5,28 | 7,4 | | |
| Seigle entier................. | 0,7 | 1,2 | 1,2 | | |
| Blé entier.................... | 3,2 | 2,8 | 5,44 | | 3,3 |
| Farine de blé blanche......... | 0,98 | 1,17 | 1,13 | | 0,5 à 1,2 |
| Son de blé.................... | 13,6 | | 13,6 | | |
| Pain de Paris 1941 A.......... | 1,54 | 1,6 | 2,4 | | |
| » » B.......... | 1,94 | 1,96 | 2,88 | | |
| » » C.......... | 1,85 | 2,0 | 2,6 | | |
| Lentilles sèches.............. | 2,4 | 2,56 | 3,16 | | |
| Haricots secs................. | 1,54 | 1,84 | 1,60 | | |
| Haricots verts................ | 0,41 | 0,4 | 0,47 | | |
| Petits pois frais............. | 1,12 | | 1,07 | | |
| Pomme de terre................ | 1,5 | | 3,1 | | 2,0 |
| Carotte....................... | 0,3 | 0,4 | 0,4 | | <0,5 |
| Rutabaga...................... | 2,12 | | 2,10 | | |
| Épinards...................... | 1,5 | 1,3 | 1,0 | | 1,7 |
| Choux......................... | 0,35 | 0,36 | 0,44 | | 0,3 |
| Tomate........................ | 0,30 | 0,34 | 0,29 | | <0,5 |
| Poire......................... | 0,24 | 0,23 | | | |
| Raisin (sans pépins).......... | 0,06 | 0,05 | 0,1 | | |
| Levure de boulangerie fraîche... | 12,7 | 12,2 | 12,8 | | 7,4 |

Les résultats sont exprimés en milligrammes pour 100g.

Il faut remarquer qu'il n'y a pas de relation directe entre la valeur P. P. des aliments, telle qu'elle a été établie par Goldberger et ses collaborateurs (5) par expérience directe sur l'Homme et le Chien, et leur teneur en nicotinamide. Il semble actuellement qu'on puisse classer les aliments en deux catégories : 1° ceux dont l'acide nicotinique est entièrement assimilé : viande, tissus animaux, lait, levure, Tomates; 2° ceux dont une frac-

(5) W. H. Sebrell, *Publ. Health Rep.*, 49, 1934, p. 754.

tion seulement est utile : Maïs, Blé, Pomme de terre. En effet l'ingestion de quantités importantes de Maïs ou de Blé ne prévient pas l'apparition de la pellagre, alors que l'absorption quotidienne de viande (100 à 125$^g$), de lait (1200$^g$), de Tomates (1200$^g$), de levure sèche (15$^g$) empêche l'apparition des symptômes de l'avitaminose nicotinique. La quantité journalière de nicotinamide ainsi absorbée est comprise entre 3$^{mg}$,6 et 7$^{mg}$,2. Il paraît donc probable qu'une quantité de 0$^{mg}$,1 par kilogramme et par jour suffise pour supplémenter un régime déficient et que le besoin total de l'Homme moyen en nicotinamide assimilable soit compris entre 0$^{mg}$,1 et 0$^{mg}$,2 par kilogramme et par jour [5].

AGRONOMIE. — *Utilisation des Microbes dans la lutte contre les insectes nuisibles.* Note [1] de M. **Serge Métalnikov.**

La lutte contre les insectes nuisibles présente un problème d'une importance capitale, car nous savons actuellement que tous les pays agricoles subissent des pertes énormes, s'élevant en France de 10 à 20 milliards par an à cause des invasions massives des insectes nuisibles.

La méthode la plus répandue pour remédier à cet état de choses consiste en l'utilisation d'insecticides appropriés, produits chimiques très toxiques pour les insectes, mais très toxiques également pour les hommes et les animaux domestiques. Il est bien démontré cependant que l'utilisation de ces insecticides sur les plantes potagères, sur les raisins et sur les arbres fruitiers présente un grand danger pour les consommateurs.

Voilà pourquoi la lutte contre les insectes par les méthodes biologiques peut souvent donner des résultats beaucoup plus favorables que par des méthodes chimiques.

75 années sont passées depuis que Pasteur et Metchnikoff ont entrepris les recherches des microbes qu'on pourrait utiliser contre les insectes nuisibles. En étudiant les insectes malades, ils ont réussi à isoler des champignons microscopiques très virulents.

Malheureusement, les champignons exigent pour leur développement de l'humidité et une température modérée, qu'on ne trouve pas ordinairement en été. Voilà pourquoi toutes les tentatives d'application de cette méthode

(5) A. Lwoff, *Semaine des Hôpitaux de Paris*, sous presse.

(1) Séance du 29 septembre 1941.

n'ont donné que des résultats très peu satisfaisants. Cependant, il existe dans la nature d'autres ennemis des insectes nuisibles qu'on doit pouvoir utiliser : les bactéries.

C'est en 1923 que nous avons commencé les recherches sur les maladies des insectes nuisibles. Nous avons constaté que toutes les invasions massives d'insectes se terminent ordinairement par des épidémies d'insectes provoquées par des microbes.

En étudiant ces Microbes, nous avons pu découvrir plusieurs souches de bactéries sporogènes, dont les spores sont très résistantes. Nous avons démontré que ces spores sont complètement inoffensives pour l'Homme et les animaux domestiques et qu'il est possible de provoquer artificiellement des épidémies mortelles chez les insectes.

Les résultats obtenus après ces essais sur différents insectes nuisibles ont tous été très concluants. Nous avons eu la chance de pouvoir isoler et étudier de nombreux Microbes sporogènes très pathogènes pour les différents insectes nuisibles.

C'est pourquoi nous avons porté notre attention principalement sur la découverte des Microbes sporogènes, que nous avons réussi à préparer à l'état sec sous forme de poudre. Les spores en poudre sont très pathogènes pour les insectes et peuvent garder toute leur virulence plusieurs années.

C'est grâce à M. Marsais, que nous avons pu exécuter de grandes expériences, en 1936 et 1937, avec succès aux vignobles de Moët et Chandon, en Champagne, qui ont donné des résultats très démonstratifs.

En 1938 et 1939, on a effectué des essais et des traitements des vignes dans beaucoup de propriétés en Champagne, Bourgogne et Bordelais. Partout les plantes traitées accusaient au comptage une diminution d'insectes de plus de 90 %, et une augmentation de récolte double ou triple par rapport aux témoins et même par rapport aux plantes traitées par les méthodes habituelles. En 1938, la Ligue nationale contre les ennemis de la culture a élu une commission spéciale présidée par M. Paul Marchal, qui a suivi les expériences en Champagne et a fait connaître son opinion sur les méthodes bactériologiques.

Parcelles non traitées, 739 Pyrales et Cochylis au total.
Parcelles traitées, 131 Pyrales et Cochylis.

*Constatation à la vendange.* — Le 3 octobre il a été procédé à la récolte de toutes les grappes, saines ou attaquées, portant au moins un grain,

présentées sur les souches en expérience. Les résultats en nombre et en poids ont été les suivants :

Sur 10 souches contiguës prises au hasard au milieu des routes :
les témoins ont fourni 131 grappes pesant $2^{kg},150$ ;
*les rangs traités* (partie A, dose normale), 268 grappes pesant $13^{kg},395$.

Voici le résumé des résultats très favorables qui ont été officiellement constatés en 1939 en Algérie et en Suisse.

En Algérie les essais contre la seconde et la troisième génération de chenilles d'Eudémis ont été poursuivis dans trois importants domaines de la Mitidja, Ben Hassen, Souk-Ali. Le traitement consistait en pulvérisation d'eau ordinaire additionnée de doses variables de sporéine (poudre de spores de Bactéries avec un support et un mucillant). L'Inspection de la défense des cultures du Gouvernement général algérien a contrôlé la marche et les résultats de ces essais.

« Les parcelles traitées se différenciaient, au simple coup d'œil, des parcelles témoins, par le bel aspect de leurs raisins, alors que la pourriture ravageait la majorité des grappes non traitées. Dans les parcelles témoins aucune grappe n'était exempte d'attaque, alors que dans les parcelles traitées les grappes saines atteignaient parfois le tiers de la récolte. »

Les conclusions des essais, poursuivis en Suisse en 1939, sous le contrôle du Laboratoire de Chimie agricole du canton de Genève, placent le procédé de lutte biologique en tête, avec 89 % de réduction des dégâts par le traitement (comparé au témoin non traité).

Les contrôleurs concluent : « La meilleure protection de la Vigne a été obtenue par une seule application des spores de la Bactérie de Métalnikov. Nombre de foyers de pourriture dans 100 grappes : témoin, 100; sporéine, 26. Si la sporéine tient ses promesses, il est clair que cette nouvelle technique de lutte est appelée à rendre de très grands services aux viticulteurs. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *La régression des éléments de la deuxième denture, au cours de l'évolution, chez les Proboscidiens.* Note de M^lle **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

Des recherches anatomiques et embryologiques que j'ai faites avec M. R. Anthony, il résulte que, depuis le *Mœritherium* (Éocène supérieur du Fayum, Égypte) jusqu'aux Éléphants actuels, l'évolution dentaire des

Proboscidiens se poursuit, surtout, au point de vue numérique, par la régression des éléments de la deuxième denture (incisives définitives et prémolaires).

M.

P.W.

T.a.

E.i.

E.

*Schéma destiné à montrer la régression de la deuxième dentition jugale chez les Proboscidiens.* — Cercles noirs, dents jugales de deuxième dentition (prémolaires). Cercles blancs, dents jugales de première dentition (molaires temporaires et molaires définitives). L'avant est à gauche. — M. *Mœritherium* (disposition de la première dentition de la mâchoire inférieure généralisée à la supérieure); P. W. *Phiomia Wintoni* Andrews; T. a. *Tetrabelodon angustidens* G. Cuv.; E. i. *Elephas imperator* Leidy (disposition de la deuxième dentition de la mâchoire inférieure généralisée à la supérieure). E. Éléphants actuels.

Comme dans toutes les études paléontologiques, il y a, parfois, des éléments qui nous échappent actuellement, et nous l'indiquons dans cette légende. C'est ainsi que les molaires temporaires supérieures du *Mœritherium* ne sont pas encore connues.

Abstraction faite du mode très particulier de succession de leurs dents jugales, nous sommes conduits à donner aux Éléphants actuels, les plus évolués des Proboscidiens (*Elephas indicus* L., Éléphant d'Asie, et *Loxodonta africana* Blum., Éléphant d'Afrique), la formule dentaire

$$\frac{o\ It^2\ It^3}{o\ o\ o}\quad\frac{o}{o}\quad\frac{o\ Mt^2\ Mt^3\ Mt^4}{o\ Mt_2\ Mt_3\ Mt_4}\quad\frac{M^1\ M^2\ M^3}{M_1\ M_2\ M_3},$$

*It* représentant les incisives temporaires ($It^2$, l'incisive, dite de lait, qui tombe dans le jeune âge; $It^3$, la défense; car $It^1$, rencontrée par nous à

l'état de sac alvéolaire vestigial, ne se développe jamais chez les Éléphants); *Mt*, les molaires temporaires; *M*, les molaires définitives. Toutes les dents des Proboscidiens actuels appartiennent donc à la première dentition : nous estimons en effet que les molaires définitives font partie de la même série dentaire que les molaires transitoires, c'est-à-dire de la première.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action androgène de la prégnéninolone sur les caractères sexuels secondaires du* Lebistes reticulatus. Note de M^lle **Marie-Thérèse Régnier**, présentée par M. Maurice Caullery.

La prégnéninolone est une substance synthétique dont la formule ne diffère de celles de la progestérone et de la testostérone que par les groupements fixés sur le carbone situé en 17.

C≡CH — CH³ — OH — CH³ — O | CO—CH³ — CH³ — CH³ — O | OH — CH³ — CH³ — O

Prégnéninolone. Progestérone. Testostérone.

H. H. Inhoffen et W. Hohlweg (¹) ont montré que la prégnéninolone, administrée *per os*, avait des propriétés progestatives.

J'ai recherché l'action de ce corps sur les caractères sexuels secondaires du *Lebistes reticulatus*, Poisson Cyprinodonte acclimaté en aquarium.

Le sexe, chez le *Lebistes*, ne peut être distingué extérieurement que lorsque l'animal atteint deux ou trois mois. A ce moment apparaît la tache noire de maturation chez les femelles. Chez le mâle, vers la même époque, la nageoire anale se transforme en un organe d'intromission, ou gonopode; puis ultérieurement, apparaissent, sur le corps, des taches brillamment colorées.

J'ai ajouté aux 12 litres d'eau d'un aquarium où se trouvaient 53 Lebistes venant de naître, un comprimé dosé à 10^mg de prégnéninolone.

Dès le quatrième jour d'immersion dans l'eau contenant l'hormone, *tous*

(¹) *Naturwissenschaften*, 26, 1938, p. 96.

les individus montraient un allongement très net de la nageoire anale; pendant les trois ou quatre jours suivants, la transformation de cette nageoire en un gonopode s'effectua.

Quinze jours après leur naissance, des taches colorées apparurent chez certains individus et, au bout de trois semaines de traitement, 50 % environ des sujets traités eurent apparemment tous les caractères des mâles : *gonopode*, *taches colorées*, *instinct combattif*.

Les sujets traités mesuraient alors $10^{mm}/3^{mm}$, tandis que les mâles normaux, pourvus des caractères sexuels secondaires, mesurent environ $24^{mm}/3^{mm}$.

Les phénomènes observés avec la prégnéninolone rappellent ceux que j'ai constatés avec l'hormone mâle ([2]).

R. Courrier et A. Jost avaient déjà noté qu'à côté de l'action caractéristique de la prégnéninolone sur la nidation des œufs et le maintien de la grossesse chez la Lapine castrée ([3]), ce corps possède des propriétés masculinisantes sur les annexes du Rat et la crête du Poussin ([4]).

Il est difficile de comparer avec exactitude les doses de prégnéninolone et de proponiate de testostérone produisant des effets analogues sur le *Lebistes reticulatus*, car l'hormone mâle était administrée, lors des expériences antérieures, soit par addition à l'eau de la solution huileuse émulsionnée, soit par injection intramusculaire.

Toutefois, il convient de noter que, même en ajoutant $50^{mg}$ de propionate de testostérone en solution huileuse à l'eau des aquariums, je n'ai pas obtenu une action masculinisante aussi rapide, aussi intense et aussi poussée que celle provoquée par l'addition d'un comprimé dosé à $10^{mg}$ de prégnéninolone.

MICROBIOLOGIE. — *Spirille du Sodoku et granule spirillogène.* Note ([1]) de M. **Yervante Manouélian**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les recherches de Séguin ([2]), chez nombre de Spirochètes, et les nôtres ([3]), sur le *Spirochæta pallida*, ont mis en évidence un nouveau

([2]) *Journ. Pharm. et Chim.*, 9e série, 1, 1940, p. 147-155.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1162.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1515.

([1]) Séance du 6 octobre 1941.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 247 et travaux ultérieurs.

([3]) *Ibid.*, 104, p. 249 et travaux ultérieurs.

mode de division par émission de formes minuscules et de granules spirochétogènes. Clément Simon et Mollinedo ont retrouvé ces formes dans les lésions syphilitiques.

Nos recherches actuelles par l'imprégnation à l'argent ([4]) montrent qu'il en est de même pour le *Spirillum morsus muris :* rappelons nos connaissances classiques sur le mode de division de ce parasite.

Le spirille du Sodoku se reproduit par division transversale : une striction se montre le long du corps, souvent vers le milieu, et s'accentue de plus en plus jusqu'à ce que les segments ne soient réunis que par un filament dont la rupture libère les deux spirilles : *c'est la division normale simple, division homotypique de Séguin.* Parfois un spirille se divise en trois ou même quatre organismes : *c'est la division normale multiple.*

Nos recherches chez le Cobaye, le Rat et la Souris montrent qu'à côté de ce mode de division il en existe un autre : un spirille non cilié émet un granule relié par un filament à l'extrémité du spirille; la rupture du filament met en liberté le granule, muni encore d'une portion du filament; c'est la *division anormale simple, division hétérotypique de Séguin;* le granule ainsi libéré, nous l'appellerons, par analogie avec les Spirochétogènes, *granule spirillogène* ou *Spirillogène* tout court.

Jusqu'ici le mode de formation initial des spirilles demeurait inconnu. Maurice Roux rapporte ([5]) cependant des observations suggestives : *Dans les jours qui précèdent leur apparition dans le sang et les humeurs des animaux infectés expérimentalement, nous avons constaté, à maintes reprises, dit-il, l'existence de corpuscules granuleux dont la réfringence et la mobilité étaient semblables à celles des spirilles. Nous ne pouvions cependant préciser davantage le fait, qui reste sans rapport, par ailleurs, avec la possibilité de faux spirilles.*

Sans prétendre à une priorité de notre part, notons que, depuis 1935, nous avions, après Salimbeni et Nitti, fait les mêmes observations chez les animaux infectés expérimentalement, surtout chez la Souris. Après l'inoculation sous-cutanée de spirilles, l'examen méthodique des humeurs, de la lymphe péritonéale notamment, montrait, quelques jours avant l'apparition des spirilles, des corpuscules en tout semblables à ceux décrits par M. Roux. Nous nous sommes proposé alors de les étudier mais, pour

---

([4]) Nous avons utilisé l'excellent procédé de Séguin. Pour les détails de la technique, voir Séguin, *Ann. Dermatol. et Syph.*, 10, 1940, p. 833.

([5]) *Thèse*, Paris, 1940.

des raisons indépendantes de notre volonté, nous avons interrompu nos travaux.

Après la découverte de la division hétérotypique par émission granulaire, nous nous sommes demandé si les corpuscules énigmatiques de la période préspirillaire n'étaient autres que des granules spirillogènes; nos recherches actuelles nous permettent d'affirmer qu'il en est ainsi.

Voici le résultat de nos examens des frottis imprégnés à l'argent :

Nous avons observé : 1° nombre de spirillogènes, c'est-à-dire des granules, chacun muni d'un filament plus ou moins ondulé. Ce filament peut être très court, un tout petit fragment attaché au granule; il arrive même qu'on trouve à peine une ébauche de filament; mais, si réduit qu'il soit, celui-ci conserve son caractère et présente une teinte grise à l'imprégnation argentique. Ces granules à filaments extrêmement réduits sont assez abondants parfois dans les préparations et constituent le caractère, sinon exclusif, du moins assez particulier des corpuscules préspirillaires;

2° des microspirilles, dépourvus de cils, souvent grêles, à un ou à deux tours de spire souvent peu accusés;

3° des microspirilles, plus rares, avec une ébauche de filament ou de cil.;

4° des bâtonnets irréguliers; il s'agit sans doute de formes involutives, car on peut constater tous les stades entre les formes à spires relâchées, détendues, et ces bâtonnets, qui montrent plus tard des signes de dégénérescence, épaississement, inégalités de contour et décoloration etc.

Parmi les corpuscules de la phase préspirillaire, à côté des granules munis de filaments, il existe donc des microspirilles. S'ils n'ont pas été reconnus jusqu'ici, c'est que, de dimensions réduites, dépourvus de cils, mais très mobiles, ces éléments ne peuvent guère être discernés sur fond noir; on y voit des corpuscules animés de mouvements très rapides et rien d'autre.

Fait intéressant : alors que, dans la lymphe péritonéale, contenant à la fois des spirilles typiques et des granules spirillogènes, on ne parvient pas, malgré de multiples recherches, à déceler une division hétérotypique, dans la première préparation de la rate que nous avons examinée, aussi bien chez les Muridés que chez le Cobaye, nous avons nettement constaté ce mode de division : un granule relié par un filament à l'extrémité d'un spirille non cilié, parfois même deux granules à chacune des extrémités, en même temps que des granules à filament, des Spirillogènes déjà libres. Dans les préparations de la rate, on constate aussi deux, trois, quatre

granules, et même davantage, plus ou moins espacés le long d'un même filament, donnant l'impression d'un développement en tant que Spirillogènes.

La rate est la grande productrice de ces granules au cours du Sodoku; c'est elle, en effet, qui fournit surtout aux humeurs ces corpuscules réfringents, qu'on décèle facilement et d'une façon constante dans le suc splénique. Aussi, lorsqu'une fois développés dans le péritoine, ou dans le sang, les spirilles finissent par disparaître, et qu'après une période d'éclipse survient une nouvelle apparition de Spirillogènes et de microspirilles, est-ce de la rate que part l'invasion; nos recherches permettent de l'affirmer.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission du bacille de Whitmore par la Puce du Rat* Xenopsylla cheopis. Note de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le fait que l'infection à bacille de Whitmore (mélioïdose) est commune aux Rongeurs et à l'Homme incite à penser à une transmission possible par insectes piqueurs.

Les premiers résultats d'expériences de vection, faites avec la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis*, semblent justifier cette hypothèse.

1° *Infection expérimentale de la Puce sur le Cobaye.* — Dans une cuve contenant plusieurs milliers de Puces neuves, se succèdent plusieurs Cobayes, inoculés avec des cultures de Bacilles de Whitmore ou des broyats d'organes d'animaux infectés; à ces Cobayes infectés succèdent, à leur tour, des Cobayes neufs; des prélèvements de Puces sont faits à des moments variés, après la fin des repas infectants. Ces Puces, broyées, sont inoculées à des Cobayes neufs, par voie sous-cutanée.

Six expériences par broyage, portant sur trois cuves différentes, une avec 400 Puces, deux avec 300, une avec 200, une avec 80, et enfin une avec 15 puces, ont donné le même résultat positif. Les Cobayes inoculés sont morts en 2 à 4 jours; à l'autopsie, on trouve, sous la peau, un gros placard au point d'inoculation et une hypertrophie ganglionnaire du même côté; le foie est gros, marbré; la rate grosse, le plus souvent sans abcès; les poumons congestionnés, avec le plus souvent quelques petits abcès; les surrénales très grosses. Le Bacille de Whitmore peut être retrouvé sur les frottis du placard sous-cutané, où il abonde, et de la rate où il est rare.

La culture de la rate est toujours positive; toutes les souches isolées sont du type plissé, très agglutinables par un sérum spécifique.

2° *Infection du Cobaye par les Puces.* — Dans des cuves contenant plusieurs milliers de Puces, nourries sur Cobayes infectés depuis 5 à 10 jours, on met des Cobayes neufs qui sont laissés en place jusqu'à leur mort. Dans six expériences différentes, celle-ci est survenue régulièrement après 8 à 12 jours. Le plus souvent, on trouve, à l'autopsie, de nombreuses lésions cutanées, sous forme de nodules ou de placards suppurés. La rate est grosse, avec ou sans abcès; les poumons, congestionnés, peuvent être farcis d'abcès. Les Bacilles sont abondants dans les ganglions abcédés et rares dans la rate, mais peuvent toujours être isolés par culture. Ce tableau anatomo-pathologique a été celui de quatre Cobayes, les souches isolées étant du type plissé. Deux autres Cobayes sont morts sans autre lésion qu'une dégénérescence graisseuse du foie, sans splénomégalie, ni adénopathie. Dans ces deux cas, nous avons isolé un Bacille de Whitmore du type lisse.

3° *Mode de transmission de l'infection.* — Bien que les nombreuses lésions cutanées constatées sur les Cobayes morts dans les cuves aient semblé indiquer une infection par piqûre, nous avons voulu éliminer tout autre mode possible d'infection, spécialement l'infection par voie digestive.

Des Puces infectées, prélevées dans les cuves, ont été mises dans des tubes Borrel fermés par une soie à bluter. Ces Puces piquent deux fois par jour, pendant une heure, la peau épilée de l'abdomen de Cobayes neufs. Ces Cobayes se sont infectés avec régularité : un lot de 400 Puces a successivement infecté 12 Cobayes, après un nombre de séances de piqûre variant de neuf à une seule séance, d'une durée de 50 minutes.

Pour éviter la recharge des Puces, les séances de piqûre étaient arrêtées dès l'apparition, chez le Cobaye en expérience, d'un ganglion inguinal palpable, stade auquel les hémocultures se montrent toujours négatives. Une expérience, en cours depuis 50 jours, montre la grande longévité de l'infection chez la Puce.

La très faible mortalité (10 Puces environ sur 400), depuis le début de l'expérience, montre que l'infection n'est pas préjudiciable à la vie de la Puce.

Les déjections des Puces infectées sont virulentes.

Les Cobayes contaminés par piqûres meurent de 3 à 15 jours après la dernière séance de piqûre. On note toujours, au point d'application du tube Borrel, sur la peau de l'abdomen, de nombreuses lésions cutanées, en

liaison avec des ganglions inguinaux purulents, très volumineux, pouvant atteindre la taille d'une noix. La rate est toujours parsemée d'abcès, les poumons le plus souvent. Du pus des lésions et des ganglions, ainsi que de la rate, on isole facilement le Bacille de Whitmore, variété plissée.

En résumé, le Bacille de Whitmore se développe chez la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis*, selon un mode semblable à celui du Bacille de la peste.

Le Bacille se multiplie dans l'organisme de l'insecte, s'y conserve pendant 50 jours au moins, peut être transmis par piqûre et passe dans les déjections.

Il semble donc possible d'affirmer que, dans la nature, l'infection à Bacille de Whitmore peut être transmise de rongeur à rongeur, sinon du rongeur à l'Homme, par la Puce.

La séance est levée à $15^{h}30^{m}$.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

—

(Séance du 30 juin 1941.)

Note de M. *Roger Servant,* Coefficient rotationnel du groupe de bandes ultraviolettes du quartz :

Page 1141, à la dernière ligne, *au lieu de* déjà fourni par Hunter, *lire* déjà fourni par Wolkmann.

(Séance du 25 août 1941.)

Note de MM. *Adolphe Lepape* et *Georges Colange*, Sur la formation de la glace, en été, dans les coulées volcaniques d'Auvergne :

Page 292, ligne 15, *au lieu de* Puy de Dôme, *lire* Puy de Côme.

(Séance du 8 septembre 1941.)

Note de MM. *Richard Fosse*, *Roger de Larambergue* et *Jacques Gaiddon*, Synthèse d'une substance cyanogénétique par oxydation de l'aldéhyde formique et de l'ammoniaque :

Page 331, ligne 8, *après* permanganate de potassium, *ajouter* ($25^g$).

(Séance du 29 septembre 1941.)

Note de M. *André Berlande*, Sur une préparation synthétique des 3. alcoyl- ou arylcyclohexènes-1 :

Page 438, ligne 2 en remontant, *au lieu de* 1,4332, *lire* 1,4432.
Page 439, ligne 13, supprimer *non signalé jusque-là.*